



Mod. C.E. - 1-4-7

Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività Ufficio Italiano Brevetti e Marchi Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

Invenzione Industriale



Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

2 8 FEB. 2002

toma, li

IL DIRIGENTE

Flome Ou well

B Elena Marinelli

Caso 01-CA-044/GC Ns.Rf.2/3874

OMANDA DI REF	O BREVETTI E N	NZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO			
. RICHIEDENTE (I)		ECTRONICS S.R.L.			I DOWN THE PARTY OF THE PARTY O
1) Denominazione	AGRATE BR				sr
Residenza	AGRATE BR	THUSH (MI)		سسا مخطعة	00951900968
2) Denominazione					عالــــالـــا
Residenza		Г		codice	
	E DEL BICHIEDENT	F DDCCCO L'ILLE M			
cognome e nome	JORIO Pa	e pressolula.m. olo e altri		cod fecale L.L.L.	
denominazione stud	- d	STUDIO TORTA S.	r.1.		
via	/iotti	1.100	09 TORIN	0 .	p (10121 (prov) TO
DOMICILIO ELETT	NO destinated	1			
via L	**************************************	1.41	L CHOIL	1.6	يا (prov) ليينا ش
		classe proposta (sez/cl/scf)			4
TITOLO	CTRCUTTO	D DI RILEVAMENTO			CENCODT
		CANICI CON COMP			
OVIMENT		JOHNICE CON COME	SHUNZIONE DI	CAPACITA	MANSSELLE E. U.
O V Z Z Y	or on a				
TICIPATA ACCES	HIRLITÀ AL PURRLI	CO: SI NO	SE ISTANZA: DATA	ا۳ لیا/لیا/لیا	ROTOCOLLO L
MUTUTON BEST	MAW .	conome nome		cognome nome	
LASAL		nesto	s BASCHIRO	TTO Andrea	
2) UNGAR	TTI Tom	naso	9 [
PRIORITÀ					HOGLIMENTO RISERVE
nazione o organ	izzazione	tipo di priorità numero	di domenda deta di deposito	sillegato 5/R Dat	M* Protocolio
1)		ے است	التنابلنا للستب	بالنالاليب	لتتستيا ليا ل
2)		J	السااليا ليباا	عالنا لالتبي	لتستنيا لنا ل
CENTRO ARK ITA	TO DI BACCOLTA C	OLTURE OF MICROBOANISMS, denomina	rione		
er la m	gliore o	comprensione del			
er la m eposita	gliore o re disegn	comprensione del ni con diciture cmalità alle qua	come convenut	o-dalla Con	
er la m eposita uropea	gliore or re disegn	i con diciture	come convenut	o dalla Con a aderito.	venzione
er la m eposita uropea uropea n.e.	gliore ore disegrated to the disease	ni con diciture (malità alle qua	come convenut Li l'Italia h	o dalla Con a aderito.	COOLIMENTO RISERVE
er la mi eposita: uropea: uropea: cumentazione N. es.	gliore of re disegn sulle for surra urranta	i con diciture	come convenut Li l'Italia h	o dalla Con a aderito.	OGLIMENTO RESERVE N° Protocolo
er la mi eposita: uropea : cumentamone N. es.	gliore of re disegn sulle for surra urranta	ni con diciture (malità alle qua	come convenut Li l'Italia h	o dalla Con a aderito.	COOLIMENTO RISERVE
er la mi eposita: uropea : uropea : N. es. N. es. (2) [2] [80]	igliore of the disegration of th	ni con diciture c malità alle qua ressurto con disegno principale, descriti	COME CONVENUE L1 L'Italia h come « rhendicazioni (obbligatorio 1 com, i esemplare	o dalla Con a aderito.	OGLIMENTO RESERVE N° Protocolo
er la mi eposita: uropea : cumentazione n.es. c.i) [2] [70] c.z) [2] [70]	gliore of the disegration of the	ni con diciture malità alle qua rissumo con disegno principale, descriti desgno (chidigatorio se citato in descritic	COME CONVENUE L1 L'Italia h come « rhendicazioni (obbligatorio 1 com, i esemplare	o dalla Con a aderito.	Wenzione
er la mi eposita: uropea: uropea: i.e. i.e. i.e. i.e. i.e. i.e. i.e. i.e	Igliore of the disegration of the formula of the fo	ni con diciture malità alle qua ressurto con disegne principale, descriti desegno (debligacioni se citato in descrito lettera d'incerico, procurs o ribrimento pri designazione inventore	COME CONVENUE 1.1 L'Italia h core e rivendicazioni (obbligatorio 1 core; generale	o dalla Con a aderito.	COLMENTO RESERVE: NOLMENTO RESE
er la mi eposita: uropea: uropea: N. es. N. es. L) [2] [60] c. 2] [2] [60] c. 3] [1] [60] c. 4] [1] [60] c. 5] [1] [60]	gliore of the disegration of the	ni con diciture malità alle qua riessunto con disegno principale, descriti disegno cidalitysacira so citato la descriti disegno cidalitysacira so citato la descriti disegnoscon in investor documenti di priorità con traduzione in ita	COME CONVENUE 1.1 L'Italia h core e rivendicazioni (obbligatorio 1 core; generale	o dalla Con a aderito. seempiano) Ulli	COLMENTO RESERVE: NOLMENTO RESE
er la mi eposita: uropea: uropea: n.e. n.e. n.e. l 2	gliore of the disegration of the	ni con diciture malità alle qua rissaunto con disegno principale, disentiti disegno (abbligatorio se citato in descrital indian di florarios, procurs o riferimento pr designazione immonitario procursi o riferimento pr designazione immonitario del priorità con reductore in lita subortzzazione o sita di cessione	COME CONVENUE 1.1 L'Italia h core e rivendicazioni (obbligatorio 1 core; generale	o dalla Con a aderito. seempiano) Ulli	Venzione COLLECTO RESERVE Proviocolo
er la m. eposita: uropea.: uropea.: uropea.: k.e. k.e. k.e. lj [j] [Millon] k.e. ll [Millon] k.e. k.e. k.e. k.e. k.e. k.e. k.e. k.e	gliore of the disegration of the	ni con diciture malità alle qua: rissaurio con disegno principale, descrit disegno (sabligiatorio sa obtato in descritol desgno (sabligiatorio sa obtato in descritol designazione inventore descinenti di priorita con reductore in its suntrazzazione o sitto di ossalorio maninativo compieso del richidedata	COME CONVENUE LI - L'Italia - h one a rhendicationi (abbligatorio 1 no, 1 ecemplare	o dalla Con a aderito. seempiano) Ulli	Venzione COLLECTO RESERVE Proviocolo
er la m. eposita: uropea : uropea : e.e. Lj Fig. e. Lj Fig	gliore of the disegrature of the	riscon diciture realità alle qua riscon disegne principale, descrit disegne chi descrito in secondo in secondo riscondo	come_convenut Li_l'Italia_h one e rheedicatori (abbligatorio 1 no, 1 esemples ours generale	o dalla Con a aderito. seempiano) Ulli	Venzione COLMENTO RESERVE OF Profession
er la m. eposita: uropea : uro	gliore of the disegration of the	riscon diciture realità alle qua riscon disegne principale, descrit disegne chi descrito in secondo in secondo riscondo	come_convenut Li_l'Italia_h core = rhendicatori (obbligatorio 1 core = rhendicatori (obbligatorio 1 core = promise core = promise L	o dalla Con a aderito. secrito. lujiu	Venzione COLMENTO RESERVE OF Profession
er la m. eposita: uropea comentazione R. e. e. 1 12 ESE e. 7 13 ESE e. 7 13 ESE e. 9 13 ESE e. 9 13 ESE e. 9 14 ESE e. 9 15 ESE e. 9 1	cgliore of redisegrantle for MLECATA The results of the redisegrantle for the redisegrant to the red section to the redisegrant to the red section to the red sectio	ni con diciture malità alle qua ressure con desgre principale, descrit desgre (shibigatori se citati in descrite letter of frontos, procure o riferimento pr designationa investora decument di priorita con resultatore in its actorizzazione ce site di esselore nominative complete dei richiedasta INCHECENTORESERILACI FIRMA DEL (I) RUCHERDENTE (I)	come_convenut Li_l'Italia_h one e rheedicatori (abbligatorio 1 no, 1 esemples ours generale	o dalla Con a aderito. secrito. lulli lulli controls in lilli	Venzione COLMENTO RESERVE OF Profession
er la m. eposita: uropea comentamone R. e. 1 12 ESC e. 1 12 ESC e. 1 13 ESC e. 1 14 ESC e. 1 15 ES	cgliore of redisegrantle for MLECATA The results of the redisegrantle for the redisegrant to the red section to the redisegrant to the red section to the red sectio	riscon diciture realità alle qua riscon disegne principale, descrit disegne chi descrito in secondo in secondo riscondo	come_convenut Li_l'Italia_h core = rhendicatori (obbligatorio 1 core = rhendicatori (obbligatorio 1 core = promise core = promise L	o dalla Con a aderito. secrito. lulli lulli controls in lilli	COLLECTION RESERVE IF Protection If L. L. L. L. L. L. L. L.
er la mi eposita: uropea J commissione (R. es. R. es. R. p. 1 2	cgliore of redisegrantle for MLECATA The results of the redisegrantle for the redisegrant to the red section to the redisegrant to the red section to the red sectio	rissaurio con discriture — malità alle qua: rissaurio con disegno principale, descrit disegno (abdispisorio su obtato in descriti disegno (abdispisorio su obtato in descriti disegno (abdispisorio su obtato in descriti disegno (abdispisorio si riserio disegnosio si riserio procurso riserio si riserio disegnosio si riserio procurso di richitedenia nominativo computes del richitedenia nominativo computes del richitedenia nominativo computes del richitedenia nogule CENTOSESSANTACI PRIMA DEL (I) SECHEDENITI (I) AMTERITICA BISHO (S.T.)	come convenut Li l'Italia h core a rhendicatori (abbligatorio 1 men, i ecompiare cours generale linno	o dalla Con a aderito. seempin) Liji Liji controva sin	VERZIONE COLAMENTO RESERVE PE Production JI J / L
er la mi eposita: Uropea J COMPITATION R. 60. E. 7 L 2 ESS E. 7 L 3 ESS E. 9 L 3 ES	LIGHTON COMMITTEE COMMITTE	rissaurio con discriture — malità alle qua: rissaurio con disegno principale, descrit disegno (abdispisorio su obtato in descriti disegno (abdispisorio su obtato in descriti disegno (abdispisorio su obtato in descriti disegno (abdispisorio si riserio disegnosio si riserio procurso riserio si riserio disegnosio si riserio procurso di richitedenia nominativo computes del richitedenia nominativo computes del richitedenia nominativo computes del richitedenia nogule CENTOSESSANTACI PRIMA DEL (I) SECHEDENITI (I) AMTERITICA BISHO (S.T.)	come convenut Li l'Italia h core a rhendicatori (abbligatorio 1 men, i ecompiare cours generale linno	o dalla Con a aderito. seempin) Liji Liji controva sin	VERZIONE COLAMENTO RESERVE P PRIMODE JI J / L J J J J J J J J J
er la m. eposita Licopea COMPETATAONE R. e. e. 1 12 FEG. e. 3 12 FEG. e. 4 11 FEG. e. 4 11 FEG. e. 7 12 FEG. e. 7 12 FEG. e. 7 12 FEG. e. 8 12 FEG. e. 9	LIGHTON COMMITTEE COMMITTE	research con diciture	come convenut Li l'Italia h core e rhendicatori (ebbligatorio 1 ma, i esemplare cours generale Inquemila= = JORIO Pado 1	o dalla Con a aderito. monopino) Liji Liji Liji Confronta sin Liji Andreadorito Tone To	VERZIONE COLAMENTO RESERVE PE Production JI J / L
er la mi leposita: NITOPEA J OCUMENTARIONE N. A. 12 M A. A. 12 M A. A. 13 M A. A. 14 M A. A. 15 M	LIGHTON COMMITTEE COMMITTE	research con diciture	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	o dalla Con a aderito. monopino) Liji Liji Liji Confronta sin Liji Andreadorito Tone To	COLAMONTO RESERVE TO PRODUCE PRODUCE A COLAMONTO RESERVE TO PRODUCE PRODUCE COLAMONTO RESERVE TO PRODUCE PRODUCE COLAMONTO RESERVE COLAMONT
LEPOSITA: LITOPPE A. L	LIGHTON COMMITTEE COMMITTE	research con describe qualità alle qua research con desegno principale, diserrit desegno (shibiligatori se citato in describi, lettere d'incerico, procurs o riferimento pri designazione inventore decument di priorita con traducione in la santetizzazione ce stati di essatore monitality ecospina del fobblicate inceptacione conglue del fobblicate inceptacione del fob	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	o dalla Con a aderito. seempin) UJ/L LJ/L LJ/L controlla in LJ/L LJ/L Outhouts in	COLAMONTO RESERVE:
LEPOSITA IN LEPOSITA AND LEPOSI	LIGHTON COMMISSION COM	research con describe qualità alle qua research con desegno principale, diserrit desegno (shibiligatori se citato in describi, lettere d'incerico, procurs o riferimento pri designazione inventore decument di priorita con traducione in la santetizzazione ce stati di essatore monitality ecospina del fobblicate inceptacione conglue del fobblicate inceptacione del fob	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	o dalla Con a aderito. seempin) UJ/L LJ/L LJ/L controlla in LJ/L LJ/L Outhouts in	COLAMONTO RESERVE:
er la mi leposita: Ultopea lo Countertamone N. w. 1 12 (EE) x. 1 13 (EE) x. 1 14 (E	LIGHTON COMMISSION COM	research con describe qualità alle qua research con desegno principale, diserrit desegno (shibiligatori se citato in describi, lettere d'incerico, procurs o riferimento pri designazione inventore decument di priorita con traducione in la santetizzazione ce stati di essatore monitality ecospina del fobblicate inceptacione conglue del fobblicate inceptacione del fob	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	o dalla Con a aderito. seempin) UJ/L LJ/L LJ/L controlla in LJ/L LJ/L Outhouts in	COLAMONTO RESERVE:
LEPOSITA IN LEPOSITA AND LEPOSI	LIGHTON COMMISSION COM	research con describe qualità alle qua research con desegno principale, diserrit desegno (shibiligatori se citato in describi, lettere d'incerico, procurs o riferimento pri designazione inventore decument di priorita con traducione in la santetizzazione ce stati di essatore monitality ecospina del fobblicate inceptacione conglue del fobblicate inceptacione del fob	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	to dalla Con a aderito. Secondario Con Con Con Con Con Con Con Con Con Co	CONSIGNATION OF THE PROPERTY O
er la mi leposita: Ultopea lo Countertamone N. w. 1 12 (EE) x. 1 13 (EE) x. 1 14 (E	Gliore ce disegrativa di disegrativa	research con describe qualità alle qua research con desegno principale, diserrit desegno (shibiligatori se citato in describi, lettere d'incerico, procurs o riferimento pri designazione inventore decument di priorita con traducione in la santetizzazione ce stati di essatore monitality ecospina del fobblicate inceptacione conglue del fobblicate inceptacione del fob	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	to dalla Con a aderito. Secondario Con Con Con Con Con Con Con Con Con Co	Venzione SOLLMENTO RESERVE. SP Protección SP Pro
ex la mi eposita uropea countrament n. n. 13 mg e, 1 14 mg e, 1 15	LIGHTON COMMISSION COM	research con describe qualità alle qua research con desegno principale, diserrit desegno (shibiligatori se citato in describi, lettere d'incerico, procurs o riferimento pri designazione inventore decument di priorita con traducione in la santetizzazione ce stati di essatore monitality ecospina del fobblicate inceptacione conglue del fobblicate inceptacione del fob	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	to dalla Con a aderito. Secondario Con Con Con Con Con Con Con Con Con Co	Venzione DOLMETTO RESERVE. The Protected The Pro
ex la mi eposita uropea countrament n. n. 13 mg e, 1 14 mg e, 1 15	AGIIOTE CE disegrative de la segrative de la s	riseauris con discriture malità alle qua riseauris con disegno principale, discriti desegno (shibilgatoris se citato in descriti i, lettere d'incerico, procurs o riferimento pr designazione inventore documenti di priorita con traducione in ita autotrazzatione con stati di cessione amenicalmo compileo dei richiducios Indiple Centical SIR J. PRIMA DEL (I) BICHERENTE (I) AMPTENTICA BINIO SIR LII TORINO DIAMPIA I TO 200 presentato a me sottoscritto in primario dei DOGANTE	come convenut Li l'Italia h core e mendicatori (obbligatorio i mo, i ecompiero cours permite JORIO Pacol 1.A. 0.00.1	to dalla Con a aderito. Secondario Con Con Con Con Con Con Con Con Con Co	Venzione SOLLMENTO RESERVE. SP Protección SP Pro

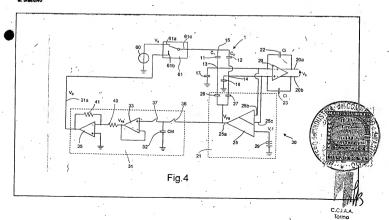
so 01-CA-044/GC

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE	MD.MI.2/30/4	PHOSPETTO A
NUMERO DOMANDA TO 2001 A 000 1 50 7	DATA DI DEPOSITO	L214L09 L2001
NUMERO BREVETTO	DATA DI RILASCIO	لساراسار لسسا
A. RICHLEDENTE (I)	× .	
Denominazione STMICROELECTRONICS S.R.L.		
AGRATE BRIANZA (MI)		
B. THETODO E CIRCUITO DI RILEVAMENTO DI SPOS	TAMENTI TRAMTTE SEN	SORT
MICRO-ELETTRO-MECCANICI CON COMPENSAZION	E DT CAPACTTA' DADA	SCITTE P DI
MOVIMENTI SPURI.		SSIIR F. DI
		,

L. RIASSUNTO

Metodo di rilevamento di spostamenti tramite un sensore micro-elettro-meccanico, avente un corpo fisso (3) ed una massa mobile (4), formanti almeno un primo e un secondo condensatore di lettura (11, 12), collegati a un nodo comune (15) e a un primo, rispettivamente un secondo nodo di lettura (13, 14) e presentanti una capacità di lettura comune (Cs) a riposo ed uno sbilanciamento capacitivo (\Delta Cs) a seguito di uno spostamento. Il metodo include le fasi di fornire al nodo comune (15) una tensione di lettura (Vs) costante di durata prefissata; generare una tensione di retroazione (V_{FB}) per mantenere il primo e il secondo nodo di lettura (13, 14) a una tensione di modo comune costante; generare una grandezza elettrica di compensazione (Vc), inversamente proporzionale alla capacità di lettura comune (Cs) almeno in un prefissato intervallo (I), fornire la grandezza elettrica di compensazione (Vc) al nodo comune (15); e rilevare una grandezza di uscita (Vo) correlata allo sbilanciamento capacitivo (ΔCs).

M. DISTORO



DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

15

con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO) - VIA C. OLIVETTI, 2

Inventori: LASALANDRA Ernesto, UNGARETTI Tommaso,

BASCHIROTTO Andrea 10 2001A 000157

La presente invenzione si riferisce ad un metodo e a un circuito di rilevamento di spostamenti tramite sensori micro-elettro-meccanici con compensazione di capacità parassite e di movimenti spuri.

Come è noto, l'impiego di sensori di tipo microelettro-meccanico, o sensori MEMS (dall'inglese "Micro-Electro-Mechanical System"), a sbilanciamento capacitivo differenziale è stato proposto per realizzare, ad esempio, accelerometri lineari o rotazionali e sensori di pressione.

In particolare, i sensori MEMS del tipo indicato

comprendono un corpo fisso (statore) e una massa mobile, generalmente di materiale semiconduttore opportunamente drogato, fra loro collegati mediante elementi
elastici (molle) e vincolati in modo che la massa mobile abbia, rispetto allo statore, gradi di libertà prefissati, traslatori e/o rotatori. Inoltre, lo statore e

la massa mobile presentano una pluralità di bracci fissi e, rispettivamente, mobili, fra loro interdigitati. In pratica, ogni braccio fisso è interposto fra una coppia di bracci mobili, in modo da formare una coppia di condensatori aventi un terminale in comune e capacità dipendente dalla posizione relativa dei bracci stessi, ossia dalla posizione relativa della massa mobile rispetto allo statore. Quando il sensore viene sollecitato, la massa mobile si sposta e si verifica uno sbilanciamento nelle capacità dei condensatori.

.10

15

.20

A secondà del tipo di struttura e del tipo movimento relativo permesso fra massa mobile e statore, è possibile realizzare sensori MEMS di tipo lineare, rotazionale, a variazione di interspazio (distanza fra ciascun braccio mobile e i rispettivi bracci fissi) e/o a variazione di affaccio (variazione dell'area di reciproco affacciamento fra i bracci mobili e i rispettivi bracci fissi).

In tutti i casi citati, la lettura del sensore (ossia il rilevamento di una grandezza elettrica rappresentativa della variazione di capacità dei condensatori) comporta dei problemi per la presenza di capacità parassite (capacità di "pad" e di substrato).

Per superare tale inconveniente, un metodo e un 25 circuito per la lettura di sensori MEMS sono stati proposti in "A Three-Axis Micromachined Accelerometer with a CMOS Position-Sense Interface and Digital Offset-Trim Electronics" di M. Lemkin, B. Boser, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 34, N. 4, pagg. 456-468.

Nell'articolo citato, in particolare, si fa riferimento a un sensore MEMS 1 di tipo lineare illustrato, per maggiore chiarezza, nelle figure 1 e 2; quanto verrà di seguito esposto, è comunque valido per sensori MEMS di qualsiasi tipo.

10

20

In dettaglio, il sensore 1 comprende uno statore 2 e un massa mobile 3, fra loro collegati mediante molle 4 in modo che la massa mobile 3 possa traslare parallelamente a un primo asse di riferimento X, mentre è sostanzialmente fissa rispetto a un secondo e a un terzo asse di riferimento Y, Z. Il sensore 1 è inoltre simmetrico rispetto a un asse longitudinale parallelo al primo asse di riferimento X.

Lo statore 2 e la massa mobile 3 sono provvisti di una pluralità di primi e secondi bracci fissi 5', 5" e, rispettivamente, di una pluralità di bracci mobili 6, estendentisi sostanzialmente paralleli al piano Y-Z.

Come mostrato in dettaglio in figura 2, ogni braccio mobile 6 è compreso fra due rispettivi bracci fissi 5', 5", ai quali è parzialmente affacciato. Di conse-5 guenza, il braccio mobile 6 forma con i due bracci fissi 5', 5" un primo e, rispettivamente, un secondo condensatore di lettura 8, 9 a facce piane parallele. In particolare, l'area delle armature dei condensatori di lettura 8, 9 è pari all'area di affaccio A dei bracci mobile 6 e dei bracci fissi 5', 5". In particolare, l'area di affaccio A è sostanzialmente un rettangolo di lati Ly, Lz.

Il primo e il secondo condensatore di lettura 8, 9 hanno una prima e, rispettivamente, una seconda capacità di lettura Ca, Cb, date dalle espressioni:

$$Ca = \varepsilon \frac{A}{X1} \tag{1}$$

10

20

$$Cb = \varepsilon \frac{A}{X2},\tag{2}$$

dove X1, X2 sono le distanze fra il braccio mobile 6 e il primo e, rispettivamente, il secondo braccio fissi 5', 5" di figura 2 e ϵ è la costante dielettrica dell'aria.

Nel sensore 1, tutte le capacità di lettura Ca formate fra i bracci mobili 6 e i primi bracci fissi 5' sono fra loro in parallelo; analogamente tutte le capacità di lettura Cb formate fra i bracci mobili 6 e i secondi bracci fissi 5" sono fra loro in parallelo. Di conseguenza, fra lo statore 3 e la massa mobile 4 sono complessivamente presenti due capacità, pari C1 = N*Ca e, rispettivamente, a C2 = N*Cb, con N numeri

ro di bracci mobili 6 del sensore 1. Definendo come capacità di lettura (comune Cs del sensore 1 il valore
delle capacità C1, C2 a riposo, si ha:

$$Cs = C1 = C2 \tag{3}$$

In seguito a un movimento della massa mobile 4 puramente lungo l'asse X, le capacità di lettura C1, C2 presentano variazioni di segno opposto e in valore assoluto uguali e pari a uno sbilanciamento capacitivo Δ Cs.

La figura 3, in cui del sensore MEMS 1 è illustrato un equivalente elettrico semplificato, mostra un circuito di lettura 10, del tipo descritto nell'articolo citato.

10

In particolare, il sensore MEMS 1 è schematizzato

15 mediante un primo e un secondo condensatore di lettura
equivalente 11, 12, aventi primi terminali collegati a
un primo e, rispettivamente, un secondo nodo di lettura
13, 14 e secondi terminali collegati a un nodo comune
15. Inoltre, il primo e il secondo condensatore di let20 tura equivalente 11, 12 hanno capacità pari alla prima
e, rispettivamente, alla seconda capacità di lettura
C1, C2. Il primo e il secondo nodo di lettura 13, 14
sono collegati a tutti i primi bracci 5' e, rispettivamente, a tutti i secondi bracci 5" dello statore 3,
25 mentre il nodo comune 15 è collegato alla massa mobile

4 e quindi ai bracci mobili 6. Inoltre, in figura 3 le capacità parassite del sensore MEMS 1 sono schematizzate mediante condensatori parassiti 17, 18 collegati fra i nodi di lettura 13, rispettivamente 14 e massa.

Il circuito di lettura 10 comprende un amplificatore operazionale di lettura 20 in configurazione di integratore di carica e uno stadio di retroazione 21.

In dettaglio, l'amplificatore operazionale di lettura 20, avente topologia completamente differenziale, presenta un ingresso invertente collegato al primo nodo di lettura 13 e un ingresso non invertente collegato al secondo nodo di lettura 14; e ha un'uscita non invertente 20a e un'uscita invertente 20b fra le quali è presente una tensione di uscita Vo. Inoltre, un primo e un secondo condensatore di integrazione 22, 23, aventi uguale capacità di integrazione Ci, sono collegati l'uno fra l'ingresso invertente e l'uscita non invertente 20a e l'altro fra l'ingresso non invertente e l'uscita invertente 20b dell'amplificatore operazionale di lettura 20.

15

20

25

Lo stadio di retroazione 21 comprende un circuito amplificatore 25 e un primo e un secondo condensatore di retroazione 26, 27, aventi primi terminali collegati a un'uscita 25a del circuito amplificatore 25 e secondi terminali collegati al primo e, rispettivamente, al se-

condo nodo di lettura 13, 14. Il circuito amplificatore 25, la cui struttura e il cui funzionamento sono descritti in dettaglio nell'articolo citato, è un circuito a condensatori commutati presentante un primo e un secondo ingresso differenziale 25b, 25c, collegati all'ingresso invertente e, rispettivamente, all'ingresso non invertente dell'amplificatore operazionale di lettura 20, e un ingresso di riferimento, collegato a un generatore di tensione 29 fornente una prima tensione di riferimento Vrl. In pratica, il circuito amplificatore 25 rileva, in una prima fase di funzionamento, la tensione presente fra gli ingressi differenziali 25b, 25c, ne determina il valor medio e, in una seconda fase, genera in uscita una tensione di retroazione V_{FB} proporzionale alla differenza fra tale valor medio e la prima tensione di riferimento Vrl.

10

20

La lettura del sensore MEMS 1 viene eseguita fornendo alla massa mobile 4 una tensione di lettura Vs a onda quadra. Lo stadio di retroazione 20 interviene in modo da mantenere il primo e il secondo nodo di lettura 13, 14 a una tensione costante. In particolare, la tensione di retroazione V_{FB} fornita del circuito amplificatore 25 è un'onda quadra in controfase rispetto alla tensione di lettura Vs. In questo modo, i condensatori parassiti 17, 18 sono ininfluenti, in quanto sono man-

tenuti a tensione costante e non assorbono carica, e quindi viene eliminato l'errore dovuto alle capacità parassite del sensore MEMS 1. La tensione di uscita Vo presente fra le uscita 20a, 20b dell'amplificatore operazionale di lettura 20 è infatti data dall'espressione:

$$Vo = 2Vs \frac{\Delta Cs}{Ci}$$
 (4)

in cui, come accennato in precedenza, ΔCs è lo sbilanciamento capacitivo del sensore MEMS 1, ossia la variazione di capacità del primo e del secondo condensatore equivalente di lettura 11, 12 in seguito a spostamenti della massa mobile 4.

La precisione del circuito di lettura descritto, però, è limitata da un altro problema, causato da movimenti spuri, non coerenti cioè con il grado di libertà consentito e dovuti alla non idealità dei vincoli meccanici.

Più in dettaglio, supponendo per semplicità che le distanze X1, X2 siano inizialmente uguali e pari a una 20 distanza a riposo X0, dalle equazioni (1)-(3) risulta che la componente ΔCsx dello sbilanciamento capacitivo ΔCs secondo il primo asse di riferimento X è data dall'espressione:

$$\Delta CSx = -\frac{dCs}{dX}\Delta X = \frac{\varepsilon A}{X0^2}\Delta X = \frac{Cs}{X0}\Delta X$$



 $\mbox{dove } \Delta X \mbox{ è lo spostamento della massa mobile 4 lun-} \\ \mbox{qo il primo asse di riferimento } X. \mbox{}$

In presenza di uno spostamento spurio ΔY parallelo al secondo asse di riferimento Y, lo sbilanciamento capacitivo ΔCs presenta una componente ΔCsy data dall'espressione:

$$\Delta CSy = -\frac{dCs}{dY}\Delta Y = -\frac{\varepsilon Ly}{X0}\Delta Y = -\frac{CS}{Ly}\Delta Y \tag{6}$$

Eventuali spostamenti spuri AZ l'ungo il terzo asse di riferimento Z sono invece compensati grazie alla simmetria assiale del sensore MEMS 1.

10

20

Mentre lo sbilanciamento introdotto dallo spostamento ΔX è di tipo differenziale ed è di per sé adatto a essere rilevato dall'amplificatore operazionale di lettura 20, che ha topologia completamente differenziale, lo spostamento ΔY introduce una sensibile variazione di modo comune della capacità di lettura comune Cs, in quanto causa una variazione dell'area di affaccio A (figura 2).

Dato che la tensione di uscita Vo è direttamente proporzionale allo sbilanciamento capacitivo ΔCs, che è a sua volta direttamente proporzionale alla capacità di lettura comune Cs, la variazione di modo comune dovuta allo spostamento ΔY introduce un significativo errore di lettura.

Scopo della presente invenzione è superare gli inconvenienti descritti.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati un metodo di compensazione di capacità parassite in un sensore micro-elettro-meccanico, un metodo ed un circuito di rilevamento di spostamenti tramite sensori micro-elettro-meccanici, come definiti rispettivamente nelle rivendicazioni 1, 10 e 11.

Per una migliore comprensione dell'invenzione, ne vengono ora descritte due forme di realizzazione, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 è una vista prospettica di un sensore micro-elettro-meccanico;
- 15 la figura 2 è una vista prospettica di un dettaglio del sensore di figura 1, ingrandito;
 - la figura 3 è uno schema circuitale semplificato di circuito di lettura per un sensore micro-elettromeccanico, di tipo noto;
- 20 la figura 4 è uno schema circuitale di un circuito di lettura per un sensore micro-elettro-meccanico secondo una prima forma di realizzazione della presente invenzione;
- la figura 5 è un grafico relativo a grandezze 25 presenti nel circuito di figura 4; e

- la figura 6 è uno schema circuitale di un circuito di lettura per un sensore micro-elettro-meccanico
in una seconda forma di realizzazione della presente
invenzione.

In figura 4, in cui parti uguali a guelle già mostrate sono indicate con gli stessi numeri di riferimento, è illustrato un circuito di lettura 30 che si differenzia dal circuito di lettura 10 di figura 3 per il fatto di comprendere uno stadio di compensazione 31. In particolare, il circuito di lettura 30 è collegato al sensore MEMS 1 (qui schematizzato mediante il primo e il secondo condensatore di lettura equivalente 11, 12, collegati l'uno fra il primo nodo di lettura 13 e il nodo comune 15 e l'altro fra il secondo nodo di lettura 14 e il nodo comune 15) e comprende l'amplificatore operazionale di lettura 20 e.lo stadio di retroazione 21. Inoltre, un generatore di segnale 60 è collegato ad un primo ingresso 61a di un selettore 61, di tipo noto, avente un secondo ingresso 61b ed un'uscita 61c. L'uscita 61c è collegata al nodo comune 15.

15

20

Come già accennato, l'amplificatore operazionale di lettura 20, avente topologia completamente differenziale, opera in configurazione di integratore di carica e presenta ingresso invertente collegato al primo nodo di lettura 13 e ingresso non invertente collegato al

secondo nodo di lettura 14. Lo stadio di retroazione comprende il circuito amplificatore 25, avente gli ingressi differenziali 25b, 25c collegati agli ingressi invertente e; rispettivamente, non invertente dell'amplificatore operazionale di lettura 20; e il primo e il secondo condensatore di retroazione 26, 27 collegati l'uno fra l'uscita 25a del circuito amplificatore 25 e il primo nodo di lettura 13 e l'altro fra l'uscita 25a del circuito amplificatore 25 del circuito amplificatore 25 e il secondo nodo di lettura 14.

Lo stadio di compensazione 31 presenta un ingresso, collegato all'uscita 25a del circuito amplificatore 25, e un'uscita 31a, collegata al secondo ingresso 61b del selettore 61 e fornente una tensione di compensazione Vc, legata alla capacità di lettura comune Cs del sensore MEMS 1 da una relazione approssimata di proporzionalità inversa, come spiegato in dettaglio più avanti.

1.5

20

Lo stadio di compensazione 31 comprende un condensatore di memoria 32, uno stadio di disaccoppiamento 34 e un amplificatore operazionale di compensazione 35 con guadagno negativo.

Il condensatore di memoria 32 presenta un primo terminale collegato a massa e un secondo terminale collegato all'uscita 25a del circuito amplificatore 25 me

diante un primo interruttore 36 e allo stadio di disaccoppiamento 33, mediante un secondo interruttore 37,
comandato in controfase rispetto al primo interruttore
36

Lo stadio di disaccoppiamento 33 è preferibilmente formato da un amplificatore operazionale in configurazione di inseguitore, ossia avente ingresso non invertente collegato al secondo interruttore 37 e ingresso invertente direttamente collegato all'uscita.

L'amplificatore operazionale di compensazione 35, in configurazione di amplificatore invertente, presenta terminale invertente collegato all'uscita dello stadio di disaccoppiamento 33 attraverso un resistore di ingresso 40, terminale non invertente collegato a massa e uscita formante l'uscita dello stadio di compensazione 31 e fornente la tensione di compensazione Vc; inoltre, l'uscita e il terminale invertente dell'amplificatore operazionale di compensazione 35 sono fra loro collegati mediante un resistore di retroazione 41.

Verrà ora mostrato che la relazione fra la capacità di lettura comune Cs è legata, in prima approssimazione, alla tensione di compensazione Vc tramite una relazione di proporzionalità inversa.

20

Infatti, quando alla massa mobile 4 viene fornita

15 la tensione di lettura Vs, la tensione di retroazione

 V_{FB} fornita dal circuito amplificatore 25 assume un valore direttamente proporzionale alla capacità di lettura complessiva Cs, al pari della tensione di uscita Vo, e può essere espressa nel seguente modo:

$$V_{FB} = K1 Vs Cs$$
 (7)

dove K1 è una prima costante. Si noti che anche l'ampiezza della tensione di lettura Vs è costante.

In due successive fasi, la tensione di retroazione V_{FB} viene memorizzata e quindi trasferita all'amplificatore operazionale di compensazione 35 attraverso lo stadio di disaccoppiamento 33.

Pertanto, indicando con G il valore assoluto del guadagno dell'amplificatore operazionale di compensazione 35 e con VcO il valore della tensione di compensazione Vc in assenza di tensione in ingresso, si ha:

$$V_C = V_{C0} - GV_{FB} = V_{C0} - GK1V_{SC}$$
 (8)

15

Poiché le variazioni della capacita di lettura comune Cs dovute agli spostamenti spuri AY sono dell'ordine dei femtoFarad, in un prefissato intorno I di un valore di risposo Cs0 della capacità di lettura comune Cs l'espressione (8) è un'approssimazione al primo ordine di una relazione di proporzionalità inversa data da (si veda la figura 5):

$$Vc' = K2 / Cs$$
 (9)

25 dove Vc' è una tensione di compensazione ideale e K2 è

una seconda costante.

15

Pertanto, linearizzando l'andamento della tensione di compensazione Vc nell'intorno I si commette un errore trascurabile e si può correttamente considerare va-'lida la relazione:

$$Vc = Vc' = K2/Cs$$
 (10)

In pratica, un ciclo di lettura del sensore MEMS 1 viene effettuato nel seguente modo.

Inizialmente il selettore 61 fornisce, alla massa mobile 4 (rappresentata in figura 4 dal nodo comune 15), la tensione costante Vs. Secondo quanto descritto in dettaglio nell'articolo citato, in questa fase il circuito amplificatore 25 dello stadio di retroazione 21 genera in uscita un valore della tensione di retroazione V_{FB} tale da mantenere costante la tensione di modo comune fra il primo e il secondo nodo di lettura 13, 14 (ossia la media fra le tensioni presenti sul tali nodi); inoltre, dato che l'amplificatore operazionale di lettura 20 mantiene sostanzialmente nulla la tensione esistente fra i propri ingressi, il primo e il 20 secondo nodo di lettura 13, 14 sono in pratica punti di massa virtuale.

Contemporaneamente, il primo interruttore 36 dello . stadio di compensazione 31 viene chiuso (mentre il secondo interruttore 37 rimane aperto) e il condensatore

di memoria 32 si carica alla tensione di retroazione V_{FB} , che viene così memorizzata. In questa fase, in pratica, la capacità di lettura comune Cs (proporzionale alla tensione di retroazione V_{FB}) viene rilevata e quindi memorizzata per essere successivamente elaborata.

In seguito, gli interruttori 36, 37 commutano, in modo da collegare il condensatore di memoria 32 all'amplificatore operazionale di compensazione 35, attraverso lo stadio di disaccoppiamento 33 e il resistore di ingresso 40. Pertanto, l'uscita 31a dello stadio di compensazione si porta e si mantiene sostanzialmente alla tensione di compensazione Vc indicata dall'equazione (10).

10

20

Inoltre, commuta il selettore 61; di conseguenza

5 'la tensione di compensazione Vc viene alimentata al nodo comune 15 (cioè alla massa mobile 4) ,. In questa
fase, la tensione di uscita Vo è data dalla seguente
relazione:

$$Vo = 2\frac{K2}{Ci}\frac{\Delta Cs}{Cs} \tag{11}$$

Poiché, in base alle equazioni (5), (6), lo sbilanciamento capacitivo ΔCs è dato da:

$$\Delta Cs = \Delta Csx + \Delta Csy = Cs \left(\frac{\Delta X}{X0} - \frac{\Delta Y}{Ly}\right) = Cs \frac{\Delta X}{X0}$$
 (12)

la tensione di uscita Vo risulta sostanzialmente in

combinando le equazioni (11) e (12) si ottiene: $Vo = 2\frac{K2}{G}\frac{\Delta X}{V0} \tag{13}$

L'approssimazione compiuta nell'equazione (12) è giustificata in quanto gli spostamenti spuri ΔY , dovuti a imperfezioni costruttive e completamente assenti nel caso di vincoli ideali, sono molto minori degli spostamenti ΔX , che sono invece previsti per il normale funzionamento del sensore MEMS 1; inoltre, le grandezze X0 e Ly sono fra loro confrontabili.

In pratica, la dipendenza della tensione di uscita Vo dalla capacità di lettura comune Cs che, in' prima approssimazione segue una relazione di proporzionalità diretta, viene eliminata generando una tensione inversamente proporzionale alla capacità di lettura comune Cs stessa e alimentando poi la tensione così generata alla massa mobile 4.

10

15

25

In figura 6, in cui parti uguali a quelle già mostrate sono indicate con gli stessi numeri di riferimento, è illustrata una seconda forma di realizzazione 'dell'invenzione. In particolare, un circuito di lettura 40 comprende l'amplificatore operazionale di lettura 20 e lo stadio di retroazione 21 collegati fra loro e al sensore MEMS 1 come già descritto con riferimento alle figure 3 e 4. Inoltre, uno stadio di compensazione 41 comprende il condensatore di memoria 32, collegato al-

l'uscita 25a del circuito amplificatore 25 attraverso il primo interruttore 36, e un amplificatore operazionale di compensazione 42, avente ingresso non invertente collegato a massa, ingresso invertente collegato attraverso un resistore di ingresso 43 a un generatore di tensione 44, formente una seconda tensione di riferimento Vr2 costante, e úscita formante un'uscita 41a dello stadio di compensazione 41. Inoltre, frá l'uscita e l'ingresso invertente dell'amplificatore operazionale di compensazione 42 è collegato un elemento resistivo di retroazione 45 a resistenza variabile, avente un terminale di controllo 45a collegato al condensatore di memoria 32 attraverso il secondo interruttore 37 per ricevere la tensione di retroazione VFB memorizzata. L'elemento resistivo di retroazione 45 comprende preferibilmente un transistore MOS operante in zona lineare, il cui terminale di porta forma il terminale di controllo 45a.

In questo caso, in pratica, la tensione di compensazione Vc viene controllata modulando il valore del guadagno G' attraverso la tensione di retroazione V_{FB}. Indicando con R1 e R2 la resistenza del resistore di ingresso 43 e, rispettivamente, dell'elemento resistivo di retroazione 45, il guadagno G' è dato dall'espres-

25 sione:

20

G' = -R2 / R1 (14)

Inoltre:

 $V_C = G' V_{r2} = -G' (R_2 / R_1) V_{r2}$ (15)

Dato che, in prima approssimazione, la resistenza di un transistore MOS diminuisce al crescere della tensione porta-sorgente in modo inversamente proporzionale e viceversa, la resistenza R2 dell'elemento resistivo di retroazione 45 è inversamente proporzionale ala tensione di retroazione V_{FB}. Inoltre, dato che, come mostrato in precedenza, la tensione di retroazione V_{FB} è direttamente proporzionale alla capacità di lettura comune Cs, dall'equazione (15) discende che, anche in questo caso, la tensione di compensazione è legata alla capacità di lettura comune Cs sostanzialmente da una legge di proporzionalità inversa.

Da quanto sopra esposto risulta evidente che l'invenzione permette vantaggiosamente di eliminare gli effetti di disturbo sia delle capacità parassite, sia dei movimenti spuri causati da imperfezioni meccaniche dei sensori MEMS. Di conseguenza, il circuito di lettura descritto è molto più preciso e meno soggetto a errori rispetto ai circuiti di lettura tradizionali.

Inoltre, il metodo e il circuito descritti sono estremamente versatili e possono essere utilizzati per la lettura di sensori MEMS a sbilanciamento capacitivo

differenziale di qualsiasi tipo. In particolare, oltre ai sensori lineari a variazione di interspazio, è possibile leggere sensori di tipo rotazionale e del tipo a variazione di area di affaccio.

Risulta infine evidente che al metodo e il circuito descritti possono essere apportate modifiche e va/ rianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione.

In particolare, lo stadio di compensazione può essere realizzato in modi differenti e fornire una tensione di compensazione che rappresenta una approssimazione diversa da quella descritta; lo stadio di compensazione potrebbe, ad esempio, essere realizzato mediante circuiti a condensatori commutati.



RITVENDICAZION I

- 1. Metodo di compensazione di capacità parassite in un sensore micro-elettro-meccanico comprendente un corpo fisso (3) e una massa mobile (4), formanti almeno un primo e un secondo condensatore di lettura (11, 12), collegati a un nodo comune (15) e a un primo, rispettivamente un secondo nodo di lettura (13, 14) e presentanti una capacità di lettura comune a riposo (Cs); il metodo comprendendo le fasi di:
- fornire a detto nodo comune (15) una tensione di lettura (Vs); e
- mantenere detti primo e secondo nodo di lettura (13, 14) a una tensione di modo comune costante tramite una tensione di retroazione (V_{FB});

caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi

- fornire a detto nodo comune (15) una grandezza elettrica di compensazione (Vc), inversamente proporzionale a detta capacità di lettura comune (Cs) almeno in un prefissato intervallo (I).
- 2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere, inoltre, la fase di misurare detta capacità di lettura comune (Cs).
- 3. Metodo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detta fase di misurare comprende le

fasi di:

- rilevare detta tensione di retroazione (VFR); e
 - memorizzare detta tensione di retroazione (VFB).
- 4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di generare detta grandezza elettrica di compensazione (Vc) in modo, in prima approssimazione e in detto intervallo (I), inversamente proporzionale a detta capacità di lettura comune (Cs).
- 5. Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta fase di generare detta grandezza elettrica di compensazione (Vc) comprende amplificare detta tensione di retroazione (V_{FB}) con guadagno negativo (G) ...
- 6. Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta fase di generare detta grandezza elettrica di compensazione (Vc) comprende le fasi di:
- fornire mezzi amplificatori (42, 43, 45) aventi un quadagno variabile (G);
- controllare detto guadagno variabile (G) mediante detta tensione di retroazione (V_{FB})
- 7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di fornire detta tensione di retroazione

 (V_{FB}) a detti primo e secondo nodo di lettura (13, 14) attraverso un primo e, rispettivamente, un secondo condensatore di retroazione (26).

- 8. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta tensione di lettura (Vs) è una tensione costante di durata prefissata.
- 9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, prima di eseguire detta fase di fornire una grandezza elettrica di compensazione (Vc), viene eseguita la fase di rimuovere detta tensione di lettura (Vs) da detto nodo comune (15).
- 10. Metodo di rilevamento di uno spostamento di un sensore micro-elettro-meccanico comprendente un corpo fisso (3) e una massa mobile (4), formanti almeno un primo e un secondo condensatore di lettura (11, 12), collegati a un nodo comune (15) e a un primo, rispettivamente un secondo nodo di lettura (13, 14) e presentanti una capacità di lettura comune a riposo (Cs) ed sbilanciamento capacitivo (ΔCs) in seguito ad uno spostamento di detta massa mobile; il metodo comprendendo le fasi di:
 - fornire a detto nodo comune (15) una tensione di lettura (Vs);

- mantenere detti primo e secondo nodo di lettura (13, 14) a una tensione di modo comune costante tramite una tensione di retroazione (V_{EB}); e
- rilevare una grandezza di uscita (Vo) correlata a detto sbilanciamento capacitivo (ΔCs),

caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

- fornire a detto nodo comune (15) una grandezza elettrica di compensazione (Vc), inversamente proporzionale a detta capacità di lettura comune (Cs) almeno in un prefissato intervallo (I).
- 11. Circuito di rilevamento di spostamenti tramite un sensore micro-elettro-meccanico, comprendente un corpo fisso (3) e una massa mobile (4), formanti almeno un primo e un secondo condensatore di lettura (11, 12), collegati a un nodo comune (15) e a un primo, rispettivamente un secondo nodo di lettura (13, 14) e presentanti una capacità di lettura comune (Cs) a riposo; il circuito comprendendo:
- mezzi amplificatori di lettura (20), aventi ingressi (13, 14) collegati a detti primo e, rispettivamente, secondo condensatore di lettura (11, 12) un'uscita fornente una tensione di uscita (Vo) correta a una tensione presente su detto nodo comune (15)
 - uno stadio di retroazione (21), collegato a d

ti primo e secondo nodo di lettura (13, 14) e generante una tensione di retroazione (V_{FB}) mantenente detti primo e secondo nodo di lettura (13, 14) a una tensione di modo comune costante:

caratterizzato dal fatto di comprendere uno stadio di compensazione (31; 41) ricevente detta tensione di retroazione (V_{FB}) e fornente a detto nodo comune (15) una tensione di compensazione (V_C), inversamente proporzionale a detta capacità di lettura comune (Cs) almeno in un prefissato intervallo (I).

12. Circuito secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che detto stadio di compensazione (31, 41, 43, 45) comprende mezzi di memoria (32), collegati a detto stadio di retroazione (21) e memorizzani detta tensione di retroazione (V_{FB}) e un amplificatore lineare (35, 42) collegato a detti mezzi di memoria ed aventi quadagno (6) negativo.

13. Circuito secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che detto amplificatore lineare (35) comprende un amplificatore operazionale in configurazione invertente, avente ingresso invertente collegato a detti mezzi di memoria (32), ingresso non invertente collegato ad una linea a potenziale di riferimento e uscita collegata a detto nodo comune (15).

14. Circuito secondo la rivendicazione 12, carat-

terizzato dal fatto che detto amplificatore lineare (42, 43, 45) è un amplificatore lineare a guadagno controllabile (G).

15. Circuito secondo la rivendicazione 14, caratterizzato dal fatto che detto amplificatore lineare (42, 43, 45) comprende un elemento resistivo a resistenza variabile (45), avente un terminale di controllo (45) collegato a detti mezzi di memoria (32).

16. Circuito secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che detto amplificatore lineare (42, 43, 45) comprende, inoltre, un amplificatore operazionale (42) avente ingresso invertente collegato a un generatore di tensione di riferimento, fornente una tensione di riferimento costante (Vr2), ingresso non invertente collegato a una linea a potenziale di riferimento e uscita collegata a detto nodo comune (15).

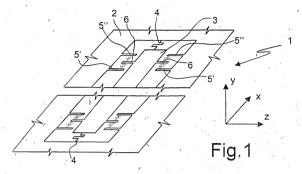
17. Metodo e circuito di rilevamento di spostamenti tramite un sensore micro-elettro-meccanico, sostanzialmente come descritto con riferimento alle figure annesse.

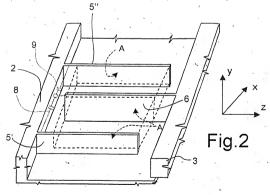
p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

JORIO Páolo liscriziones Albo et 294/BMI



10 2001A 000157





p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

JORIO Paolo Mulling Riscrizione Alboni 294/BM



2001A 000 15 7 TO

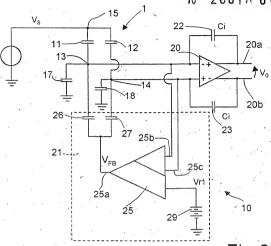


Fig.3

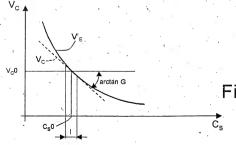
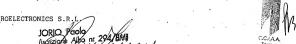
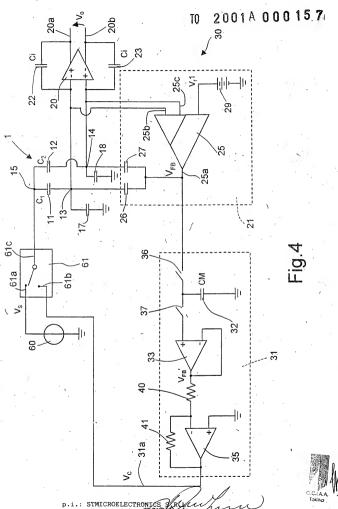
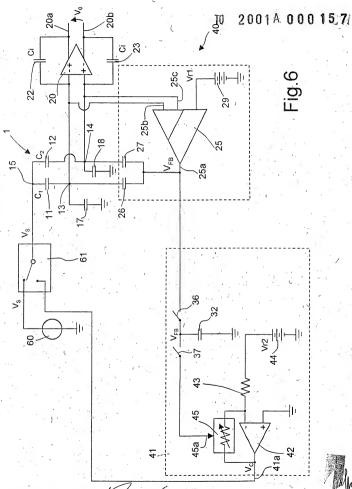


Fig.5







THIS PAGE BLANK (USPTO